

# **Indicadores de calidad en la gestión de carreteras: análisis bajo el enfoque de la Teoría de la Agencia**

**Antonio Sánchez Soliño**

Profesor Titular, Universidad Politécnica de Madrid, España

## **RESUMEN**

En este trabajo se desarrolla un modelo basado en la teoría de la agencia para analizar los sistemas de gestión de carreteras (en las distintas fórmulas contractuales existentes) que utilizan un sistema de indicadores de calidad para determinar la remuneración del contratista. Para ello, se parte de los supuestos de información asimétrica entre principal (Administración Pública) y agente (contratista), y de aversión al riesgo de este último. Se considera que se establece entre ambos un contrato de tipo lineal, en el que la remuneración del agente contiene un componente fijo y un determinado incentivo para aumentar el esfuerzo realizado por el agente tanto en la calidad tanto del estado de la infraestructura como de los servicios de vialidad. Se considera que la Administración puede medir dicho esfuerzo del contratista, pero sólo de forma indirecta, a través de determinados indicadores de calidad verificables por la Administración. En el modelo planteado, se parte del supuesto de que existe una relación entre el esfuerzo realizado por el contratista y el nivel de calidad medido según los correspondientes indicadores, pero que existe, asimismo, una posible dispersión entre ambas variables, lo que da lugar a un cierto grado de aleatoriedad en el contrato.

A partir de este modelo, se realiza un análisis del contrato óptimo, en función de una serie de parámetros que caracterizarán el entorno económico y las condiciones particulares de la infraestructura viaria. Como resultado del análisis, se concluye que un contrato óptimo incluirá normalmente un componente fijo y un pago según el nivel de calidad alcanzado. Este último tendrá menor peso a medida que sea mayor la aversión al riesgo del contratista. Finalmente, el sistema de indicadores de calidad deberá ser lo más amplio posible, pero deberán evitarse aquellos indicadores cuyos resultados tengan un mayor componente aleatorio.

## **1.INTRODUCCIÓN**

A lo largo de las últimas décadas, se han desarrollado en numerosos países diversas fórmulas de gestión de las carreteras que han venido sustituyendo paulatinamente a la gestión directa realizada por la Administración Pública. La mayoría de estas fórmulas se

basan en un contrato en el que se establecen los términos de la relación entre la Administración y una empresa que se hace cargo de determinados aspectos de la gestión de la carretera. El alcance de los servicios prestados por la empresa contratista varía, y puede comprender tanto el mantenimiento del activo, como la gestión del tráfico y la vialidad, así como, en su caso, la financiación y construcción de una nueva infraestructura viaria y su gestión, una vez construida. Las fórmulas contractuales utilizadas también pueden variar, desde contratos de conservación ordinaria hasta contratos de gestión integral, concesiones u otras fórmulas de Colaboración Público-Privada.

En general, existe una tendencia creciente a basar estas diversas fórmulas contractuales en una remuneración del contratista que aparece ligada al nivel de calidad alcanzado, medido a través de determinados indicadores, en cuya definición se ha avanzado considerablemente en los últimos años (Delgado Quiralte *et al.*, 2007; Harding *et al.*, 2010; Federal Highway Administration, 2011). Este tipo de mecanismos actúa como un sistema de incentivos para alcanzar un adecuado desempeño del contratista, y la optimización de los recursos utilizados en el mantenimiento y operación de las carreteras.

Los esquemas contractuales de esta naturaleza son aptos para su análisis dentro del marco general de la teoría de la agencia, que cuenta ya con un largo desarrollo desde sus orígenes en los años setenta del pasado siglo. Esta teoría trata de describir la relación de agencia, en la que una parte (el principal) delega determinadas tareas en la otra parte (el agente), estando regulada dicha relación mediante un contrato o un mecanismo análogo (Jensen y Meckling, 1976). La teoría de la agencia se ha aplicado ya desde sus inicios a múltiples campos de actividad (Harris y Raviv, 1978). Entre los primeros estudios aplicados a la relación entre una Administración Pública y un agente, cabe citar a Loeb y Magat (1979) y Baron y Myerson (1982), centrados en el problema de la regulación de un monopolio natural bajo condiciones de información asimétrica entre la Administración (principal) y la firma proveedora del bien o servicio (agente). Cabe citar, asimismo, la labor de Laffont y Tirole (1993) en la sistematización y profundización en este campo del análisis económico.

El problema de la agencia surge cuando, en un entorno de información asimétrica entre principal y agente, los objetivos de ambos entran en conflicto, siendo difícil o excesivamente costoso para el principal verificar el comportamiento del agente (Eisenhardt, 1989). En estos casos, las investigaciones desarrolladas dentro del marco de la relación principal-agente parten de la especificación de una serie de supuestos acerca de las posibles formas en que el principal puede incentivar al agente para la alineación de sus respectivos objetivos. A partir de dichos supuestos, y mediante la utilización del método deductivo, se llega a la solución del problema de optimización del contrato.

Uno de los supuestos fundamentales a especificar en la relación de agencia es la actitud ante el riesgo de las partes del contrato. En términos generales, el problema se plantea cuando existe una diferente actitud ante el riesgo entre las partes cooperantes en una

determinada relación (Arrow, 1971). En la teoría de la agencia, el supuesto que se suele adoptar es el de aversión al riesgo del agente frente a la neutralidad ante el riesgo del principal, o, al menos, el de una mayor aversión al riesgo del agente (Eisenhardt, 1989; Dewatripont y Legros, 2005; Sadka, 2007).

En el presente trabajo, este enfoque es aplicado al caso de la gestión de carreteras. El modelo planteado parte del supuesto de que el agente (el contratista) presenta normalmente una actitud de aversión al riesgo, aunque se estudian también las implicaciones del caso en que el agente es neutral al riesgo. El incentivo proporcionado por el mecanismo de una remuneración basada en los niveles de calidad se encuentra limitado en el modelo por la existencia de aleatoriedad en el contrato. Dicha aleatoriedad es debida a que la Administración no puede medir de forma directa el esfuerzo realizado por el contratista en la prestación del servicio, sino sólo a través de unos determinados indicadores de calidad observables y verificables por la Administración. Por tanto, es posible la existencia de un cierto grado de dispersión entre el esfuerzo realizado por el contratista y los resultados efectivos obtenidos en los indicadores de calidad, lo que afecta a la remuneración obtenida por el contratista. El problema de la información asimétrica se ciñe, por tanto, a un caso de *riesgo moral* (Laffont y Tirole, 1993). La idea principal de este enfoque es que la aplicación de incentivos contractuales al agente entra en conflicto con su aversión al riesgo. Se produce una situación de dualidad de objetivos, como son, por una parte, remunerar el trabajo productivo del agente y, por otra, asignar eficientemente los riesgos, y ello impide alcanzar el óptimo obtenido en un entorno de información completa (Holmström y Milgrom, 1991).

Un enfoque similar es el adoptado por Dewatripont y Legros (2005), Martimort y Pouyet (2008) e Iossa y Martimort (2009) en sus trabajos, orientados fundamentalmente al análisis comparativo de las colaboraciones público-privadas (CPPs) frente a las fórmulas de contratación pública tradicional. Para estos autores, lo que define a una CPP es, básicamente, la integración de diversas tareas en un mismo contrato entre la Administración y un agente: en particular, el diseño y construcción de una determinada infraestructura, su mantenimiento y la operación del servicio correspondiente, una vez que la infraestructura entra en funcionamiento. Por el contrario, en la contratación tradicional se separarían estas tareas, que serían asignadas a distintos agentes. El resultado más relevante al que llegan estos autores es que los contratos CPP son más eficientes que la contratación pública tradicional en la medida en que el esfuerzo del agente en la fase de construcción tenga una incidencia positiva sobre los resultados del agente en la fase de operación. Para ello, es necesario diseñar un adecuado sistema de incentivos que permita al agente internalizar los beneficios derivados de una mejor calidad de la infraestructura construida. Esto lleva, en una situación óptima, a una mayor asignación de riesgos al agente en una CPP que en un contrato tradicional.

El modelo que se plantea en el presente trabajo es aplicable, sin embargo, tanto a una CPP como a cualquier otro tipo de contrato para la gestión de carreteras, siempre que utilice un mecanismo de remuneración al contratista basado en el nivel de calidad obtenido. En principio, el sistema de incentivos al contratista debe combinar, en el caso general, la remuneración basada en niveles de calidad y la remuneración en función del número de usuarios, como se muestra en Sánchez Soliño (2012). Sin embargo, en la práctica han aumentado en los últimos años las posiciones favorables a que el riesgo de demanda permanezca en el lado de la Administración (Abdel Aziz, 2007). Esta tendencia ha sido muy clara en el caso del Reino Unido, donde los contratos más recientes llevados a cabo en el marco de la *Private Finance Initiative* (PFI) se basan en un sistema de remuneración por niveles de calidad (Standard & Poor's, 2003). Este planteamiento se ha generalizado, además, a partir de la crisis financiera de 2008, que ha llevado a las entidades financieras a excluir en la práctica la financiación de cualquier proyecto de este tipo que incorpore una transferencia sustancial del riesgo de demanda al agente.

En la siguiente sección se describe el modelo utilizado y los resultados alcanzados. El objetivo del análisis realizado es la optimización de los parámetros que definen el sistema de remuneración del contratista, desde el punto de vista de una función de bienestar social. Dichos parámetros dependen de una serie de factores cuya influencia se estudia en detalle. Finalmente, en las Conclusiones del trabajo se resumen las recomendaciones que cabe tener en cuenta para el diseño de los contratos.

## **2.MODELO PRINCIPAL-AGENTE**

Suponemos que una determinada Administración (el principal) es responsable de la gestión de una determinada carretera, y decide delegar las funciones correspondientes mediante la firma de un contrato con una determinada empresa (el agente). Estas funciones comprenden, en el caso más general, el mantenimiento de la infraestructura viaria y de las instalaciones correspondientes, los servicios necesarios para asegurar el funcionamiento correcto del tráfico y, en su caso, las inversiones necesarias para la ampliación o mejora de la infraestructura.

En el modelo que desarrollamos a continuación supondremos que la carretera es gratuita para los usuarios, aunque sería fácilmente extensible al caso de una carretera de peaje. La función objetivo de la Administración es una función de utilidad social, que la Administración tratará de maximizar mediante la optimización de los parámetros que definen el mecanismo de remuneración del contrato, que se describe más adelante.

Los beneficios sociales que se obtienen del funcionamiento de la carretera, incluido el excedente de los usuarios, se hacen depender de los niveles de calidad ofrecidos, que se pueden medir a través de una serie de indicadores. A fin de simplificar la exposición, supondremos que los beneficios sociales crecen linealmente con la calidad, según la expresión siguiente:

$$S = S_0 + a q \quad [1]$$

Donde  $S$  es el beneficio social total,  $a$  es una constante mayor que cero y  $q$  es una variable que representa, de forma sintética, el nivel alcanzado en el conjunto de las dimensiones de la calidad de la carretera. Este nivel de calidad depende en cierta medida del esfuerzo realizado por el contratista, como se verá a continuación.  $S_0$  representa el beneficio social mínimo obtenido con un nivel de calidad que convencionalmente fijamos en cero. Esto trata de reflejar el hecho de que la Administración exige generalmente unas condiciones mínimas para poner la carretera a disposición de los usuarios.

Como hemos señalado, el nivel de calidad  $q$  lo podemos relacionar con el esfuerzo realizado por el agente (que llamaremos  $e$ ) para la mejora de la calidad del servicio. Sin embargo, un elemento fundamental en nuestro modelo es que esta relación presenta un ruido, o componente aleatorio, de tal forma que:

$$q = e + \varepsilon_q \quad [2]$$

La variable  $\varepsilon_q$  representa dicho componente aleatorio, para el que suponemos una distribución normal, con media igual a cero y desviación típica igual a  $\sigma_q$ . Esto querría decir que la Administración no puede observar directamente el esfuerzo realizado por el agente, sino que sólo puede estimar de forma indirecta dicho esfuerzo mediante los valores alcanzados en los indicadores de calidad utilizados. Sin embargo, estos valores no dependen únicamente del esfuerzo  $e$ , sino también de otros factores imprevisibles que agrupamos en la variable aleatoria citada.

En nuestro modelo, por tanto, el agente actúa en condiciones de riesgo, debido a la aleatoriedad de la variable  $q$ , y suponemos además que presenta aversión al mismo. Seguimos así el supuesto generalmente adoptado en la teoría de la agencia (Eisenhardt, 1989). Respecto a la Administración, sin embargo, suponemos inicialmente que está suficientemente diversificada, debido al elevado número de proyectos y servicios de los que es responsable, por lo que es neutral al riesgo. En la sección siguiente, relajaremos este supuesto, y analizaremos el caso general en que ni la Administración ni el agente son neutrales al riesgo.

El agente realiza las tareas de gestión de la carretera, para lo cual incurre en unos determinados costes, que se podrán expresar de la siguiente forma:

$$C = C_0 + \Psi(e) \quad [3]$$

Donde  $C$  representa el coste de producción de los servicios prestados por el agente y  $C_0$  es un término de coste fijo, que incluiría, en su caso, el coste derivado de cualquier inversión inicial necesaria para la prestación del servicio. Este término de coste fijo podría interpretarse como el coste mínimo necesario simplemente para mantener en funcionamiento la carretera, con un nivel de calidad también mínimo. Por su parte, el término de coste variable es una función del nivel de esfuerzo  $e$  del agente, cumpliéndose  $\Psi'(e) > 0$  y  $\Psi''(e) > 0$ . Es decir, suponemos que la función de coste variable es estrictamente creciente con el esfuerzo  $e$ , y además que es estrictamente convexa.

Respecto a la remuneración del agente, suponemos que éste recibe una cantidad de la Administración que en nuestro modelo hacemos depender del nivel de calidad alcanzado  $q$ , según la siguiente expresión de carácter lineal:

$$t(q) = \alpha + \beta q \quad [4]$$

En esta expresión,  $t$  es la cantidad pagada por la Administración al contratista, mientras que  $\alpha$  y  $\beta$  son parámetros fijos establecidos en el contrato. Como se observa, el agente percibirá una cantidad fija (dada por el parámetro  $\alpha$ ), independiente de la calidad ofrecida, y otra parte variable que depende de la calidad medida por la Administración. Ésta, que no puede observar de forma directa el esfuerzo realizado por el agente, establece así un sistema de incentivos a este último. Ahora bien, la función de ingresos del agente incluye la variable aleatoria anteriormente definida, que tendrá un mayor peso cuanto mayor sea el incentivo establecido. Nuestro problema se reduce precisamente a determinar el valor de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ , establecidos en el contrato, que maximicen la función de utilidad social, teniendo en cuenta un *trade-off* entre el esfuerzo desarrollado por el agente y su aversión al riesgo.

Considerando el componente aleatorio de la remuneración del agente, su valor esperado sería el siguiente:

$$E[t] = \alpha + \beta e \quad [5]$$

Mientras que la varianza de los ingresos percibidos por el agente, que designaremos como  $\sigma_t^2$ , sería la siguiente:

$$\sigma_t^2 = \beta^2 \sigma_q^2 \quad [6]$$

Junto a la función de utilidad social, que se define más adelante, será necesario considerar las restricciones establecidas a partir de la función de utilidad del agente. Esta última vendrá dada por la expresión siguiente:

$$U_r = E[t] - C - r \sigma_t^2 \quad [7]$$

En esta expresión,  $U_r$  es la utilidad del contratista,  $E[t]$  representa el valor esperado del pago realizado por la Administración, y  $C$  el coste de producción del servicio. Por otra parte,  $r$  es un parámetro que representa la actitud hacia el riesgo del agente, por lo que, expresado de otra forma,  $U_r$  sería el equivalente cierto de los beneficios esperados por este último.

El supuesto de aversión al riesgo del agente llevaría a un valor de  $r$  estrictamente mayor que cero, mientras que el supuesto de neutralidad al riesgo supondría que  $r$  es igual a cero. En nuestro modelo, supondremos, como se ha dicho anteriormente, que en general el agente presenta aversión al riesgo, aunque estudiaremos las implicaciones de que en un determinado caso se cumpla que  $r = 0$ . En cualquier caso, excluimos el supuesto de que el agente sea proclive al riesgo, por lo que se cumplirá siempre que:

$$r \sigma_t^2 \geq 0 \quad [8]$$

Desarrollando la expresión [7], teniendo en cuenta [3] y [5], se obtiene:

$$U_r = \alpha + \beta e - C_0 - \Psi(e) - r \sigma_t^2 \quad [9]$$

Ahora bien, para que el agente lleve a cabo su actividad, tendrá que obtener una utilidad mayor o igual que la alternativa de no realizar actividad alguna. Supondremos que esta última alternativa representa una utilidad igual a cero. Por tanto, deberá cumplirse la siguiente restricción de participación del agente:

$$U_r \geq 0 \quad [10]$$

Por otra parte, la función de utilidad social que se trataría de maximizar estará formada por los beneficios producidos por la prestación del servicio para el conjunto de la sociedad menos el total de costes en que incurre la sociedad para disponer del servicio, incluyendo, entre otros, el coste derivado de la aversión al riesgo del agente. Por tanto, la función de utilidad social vendría dada por:

$$U_s = E[S] - C - r \sigma_t^2 - \lambda E[t] \quad [11]$$

En esta expresión  $U_s$  es la utilidad social que se trata de maximizar. La variable  $S$  representa el beneficio social dado por [1], de forma que:

$$E[S] = E[S_0 + aq] = E[S_0 + a(e + \varepsilon_q)] = S_0 + a e \quad [12]$$

Por otra parte, se ha incluido en la **expresión [11]** el sobre coste de los recursos públicos, dado por el término  $\lambda E[t]$ , donde  $\lambda$  es un parámetro (para el que se asume un valor mayor que cero) que caracteriza al sistema fiscal del país. Al valor  $(1+\lambda)$  se le suele denominar coste marginal de los recursos públicos, concepto que engloba diversos aspectos, entre los que cabe citar la distorsión introducida por el sistema impositivo en las decisiones de los agentes económicos y el coste de la Administración Tributaria. En otras palabras, estaríamos suponiendo que la desutilidad para los contribuyentes de la recaudación de una unidad monetaria adicional equivaldría a  $(1+\lambda)$  unidades monetarias, dependiendo el valor de  $\lambda$  del entramado institucional de cada país y de las figuras impositivas que sean utilizadas para obtener los recursos públicos adicionales. En la mayoría de los análisis coste-beneficio, no se toma en consideración esta ponderación de los recursos públicos, es decir, se establece implícitamente que  $\lambda=0$ . Sin embargo, Laffont y Tirole (1993) establecen como razonable un valor  $\lambda=0,3$  para la economía americana. Para los diferentes países de la OECD, Kleven y Kreiner (2003) estiman valores de  $\lambda$  comprendidos entre 0,09 y 0,80, considerando un aumento proporcional de impuestos del conjunto del sistema tributario. En cualquier caso, se trata de valores que están lejos de ser despreciables. Un análisis detallado del concepto de coste marginal de los recursos públicos puede verse en González-Páramo (2001) y en Dahlby (2008).

Teniendo en cuenta [3], [5], [6] y [12], y sustituyendo en la expresión de la utilidad social, ésta queda de la siguiente forma:

$$U_s = S_0 + a e - C_0 - \Psi(e) - r \beta^2 \sigma_q^2 - \lambda [\alpha + \beta e] \quad [13]$$

Por otra parte, teniendo en cuenta la **expresión [9]**, la función de utilidad social se puede escribir:

$$U_s = S_0 + a e - (1 + \lambda)[C_0 + \Psi(e) + r \beta^2 \sigma_q^2] - \lambda U_r \quad [14]$$

En la resolución del problema de maximización de la función anterior, habrá que tener en cuenta, además de la restricción [10], las restricciones impuestas por la maximización de la función objetivo del agente. El esfuerzo  $e$  realizado por éste deberá cumplir, por tanto, la siguiente condición de primer orden:

$$\frac{\partial U_r}{\partial e} = \beta - \psi'(e) = 0$$



Es decir:

$$\psi'(e) = \beta \quad [15]$$

Imponiendo estas condiciones en la expresión de la utilidad social [14], el problema se puede plantear en los siguientes términos:

$$\text{Máx}_{(U_r, \beta)} \{ S_0 + ae - (1 + \lambda)[C_0 + \Psi(e) + r (\Psi'(e))^2 \sigma_q^2] - \lambda U_r \} \quad [16]$$

sujeto a la **restricción [10]**

Teniendo en cuenta que la función de utilidad social es monótonamente decreciente con  $U_r$ , la solución del problema anterior es la siguiente:

$$U_r = 0 \quad [17]$$

$$a - (1 + \lambda)[\Psi'(e^*) + r \sigma_q^2 2 \Psi''(e^*) \Psi'(e^*)] = 0 \quad [18]$$

Siendo la condición de máximo la siguiente:

$$- (1 + \lambda)[\Psi''(e^*) + 2r \sigma_q^2 (\Psi''(e^*))^2 + 2r \sigma_q^2 \Psi'(e^*) \Psi'''(e^*)] < 0 \quad [19]$$

Obsérvese que, bajo las hipótesis de partida del modelo, y para un agente neutral o averso al riesgo (es decir, con  $r \geq 0$ ), una condición suficiente para cumplir la condición de máximo es que  $\Psi'''(e^*) \geq 0$ .

Con el objeto de hacer más claras las características del modelo, sin perder generalidad en los principales resultados de éste, cabe considerar una función de coste determinada que cumpla las condiciones de ser estrictamente creciente en sus derivadas primera y segunda, y cuya derivada tercera sea mayor o igual que cero. En la literatura económica, es habitual tomar una función de coste cuadrática del siguiente tipo:

$$\Psi(e) = e^2/2 \quad [20]$$

Ejemplos de autores que utilizan una función cuadrática de coste son Arrow y Radner (1979), Gibbons (1998), Rob y Zemsky (2002), Socorro (2007) y Martimort y Pouyet (2008).

Con esta función de coste, la solución que se obtiene es la siguiente:

$$e^* = \frac{a}{(1+\lambda)(1+2r\sigma_q^2)} = \beta^* \quad [21]$$

Y a partir de aquí, teniendo en cuenta la **expresión [17]**:

$$\alpha^* = C_0 + (\beta^*)^2 (r\sigma_q^2 - \frac{1}{2}) \quad [22]$$

De esta forma obtenemos los valores de los parámetros de la **expresión [4]** que optimizan el contrato desde el punto de vista de la utilidad social. Obsérvese que, en el contrato óptimo, será necesario, en general, incluir un pago fijo  $\alpha^*$ , independiente de la calidad del servicio, cuyo valor dependerá en gran parte del término de coste fijo  $C_0$ . No obstante, en teoría el valor de  $\alpha^*$  podría ser negativo, lo que significaría un pago fijo del contratista a la Administración.

En este modelo, el valor de  $\beta^*$ , con un agente neutral o averso al riesgo, será siempre mayor o igual que cero, al igual que el valor del esfuerzo del agente. Puede comprobarse que el valor de  $\beta^*$  (y, por tanto, el esfuerzo realizado por el contratista) disminuye al aumentar la aversión al riesgo del contratista, la varianza  $\sigma_q^2$  o el coste marginal de los recursos públicos.

Obsérvese que una situación de información completa de la Administración, en la que ésta pudiera observar de forma directa el esfuerzo realizado por el contratista, equivaldría a suponer que  $\sigma_q^2 = 0$  en la **expresión [21]**. En este caso, el valor del esfuerzo realizado por el contratista quedaría:

$$e^* = \frac{a}{1+\lambda} \quad [23]$$

En condiciones de aversión al riesgo del contratista, este valor será siempre superior al obtenido bajo el supuesto de información asimétrica entre Administración y contratista. En condiciones de neutralidad al riesgo del contratista ( $r=0$ ), sin embargo, el resultado obtenido será siempre el dado por la **expresión [23]**.

### 3.CONCLUSIONES

Como resultado del análisis llevado a cabo en este trabajo, un contrato óptimo para la gestión de carreteras deberá incluir tanto un pago fijo al contratista como un pago establecido en función de los niveles de calidad alcanzados.

El resultado alcanzado en la **expresión [21]** anterior tiene además una consecuencia interesante. Como se observa, el esfuerzo realizado por el contratista en un contrato óptimo depende de ciertos factores relacionados con el entorno económico general, como son la aversión al riesgo del contratista y el coste marginal de los recursos públicos. Sin embargo, también depende de un factor, la varianza  $\sigma_q^2$ , que depende, a su vez, del diseño adecuado de los indicadores de calidad utilizados en el contrato. En este sentido, los indicadores elegidos deben evitar una elevada dispersión entre el esfuerzo realizado por el contratista y el nivel de calidad medido según el correspondiente indicador. Es decir, se deben evitar aquellos indicadores cuyos resultados incluyan un elevado componente aleatorio que esté fuera del control del contratista.

En la práctica, son numerosos los indicadores de esta naturaleza habitualmente incluidos en los pliegos de los contratos de gestión de carreteras, como son los relacionados con la accidentalidad o la mortalidad de la vía (Delgado Quiralte *et al.*, 2007; Rangel, T., 2011). Los resultados alcanzados en estos indicadores dependen, efectivamente, de numerosos factores de carácter aleatorio, y sólo en determinada medida de la actuación del contratista. Según el modelo desarrollado en este trabajo, hacer depender significativamente la remuneración del contratista de este tipo de indicadores resultaría ineficiente. La razón es que se introduce un coste importante en la función de utilidad social, derivado de la aversión al riesgo del contratista. En este sentido, para incidir sobre los niveles de accidentalidad, por ejemplo, resulta más adecuado utilizar indicadores indirectos relacionados con el mantenimiento de la vía, señalización, etc., que están bajo el control del contratista en mayor medida.

Finalmente, y en la medida en que sea compatible con lo señalado en el párrafo anterior, el espectro de los indicadores de calidad debe ser lo más amplio posible, tratando de incluir todas las dimensiones de la calidad que influyen significativamente sobre la función de utilidad social. En este sentido, cabe esperar que el agente concentrará todos sus esfuerzos únicamente en las dimensiones de la calidad que aparezcan reguladas. Por tanto, el riesgo de que se produzca el abandono de determinados aspectos de la calidad, por mera omisión en el contrato, es elevado.

El diseño del contrato, por tanto, deberá tener en cuenta simultáneamente el objetivo de contar con un sistema amplio de indicadores de calidad, y el objetivo de minimizar, para cada indicador en particular, la dispersión entre el esfuerzo realizado por el contratista y el resultado efectivo obtenido en la mejora de la calidad.

## REFERENCIAS

ABDEL AZIZ, A.M. (2007). "A Survey of the Payment Mechanism for Transportation DBFO Projects in British Columbia", *Construction Management and Economics*, 25, 529-543.

ARROW, K. (1971). *Essays in the theory of risk bearing*, Chicago: Markham.

ARROW, K. y RADNER, R. (1979). "Allocation of resources in large teams", *Econometrica*, 47(2): 361-385.

BARON, D.P. y MYERSON, R.B. (1982). "Regulating a monopolist with unknown costs", *Econometrica*, 50: 911-930.

DAHLBY, B. (2008). *The marginal cost of public funds: theory and applications*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

DELGADO QUIRALTE, C.; VASSALLO MAGRO, J.M. y SÁNCHEZ SOLIÑO, A. (2007), "Aplicación de indicadores de calidad en concesiones de carreteras en España", *Carreteras*, 151: 53-66.

DEWATRIPONT, M. y LEGROS, P. (2005). "Public-Private Partnerships: Contract Design and Risk Transfer", *European Investment Bank Papers*, vol. 10, no. 1, 120-145.

EISENHARDT, K.M. (1989). "Agency Theory: An Assessment and Review", *Academy of Management Review*, 14,1: 57-74.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2011). *Key Performance Indicators in Public-Private Partnerships*, FHWA, U.S Department of Transportation, Washington DC.

GIBBONS, R. (1998). "Incentives in Organizations", *Journal of Economic Perspectives*, 12(4): 115-132.

GONZÁLEZ-PÁRAMO, J.M. (2001), *Midiendo el coste marginal en bienestar de una reforma impositiva*, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid.

HARDING, J.; BODARWÉ, H. y CADEŽ, I. (2010). "Evaluation of availability and service performance based payment mechanism for PPP road traffic infrastructure projects", *Transportation Research Board 89th Annual Meeting*, Washington DC.

HARRIS, M. y RAVIV, A. (1978). "Some results on incentive contracts with application to education and employment, health insurance, and law enforcement", *American Economic Review*, 68, 20-30.

HOLMSTRÖM, B. y MILGROM, P. (1991). "Multitask principal-agent analyses: incentive contracts, asset ownership and job design", *Journal of Law, Economics and Organization* 7: 24-52.

IOSSA, E. y MARTIMORT, D. (2009). *The theory of incentives applied to the transport sector*, Working Paper 09/210, CMPO, Bristol University.

JENSEN, M. y MECKLING, W. (1976). "Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure", *Journal of Financial Economics*, 3, 305-360.

KLEVEN, H.J. y KREINER, C.T. (2003). *The Marginal Cost of Public Funds in OECD Countries: Hours of Work versus Labor Force Participation*, CESifo Working Paper no. 935.

LAFFONT, J-J. y TIROLE, J. (1993). *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation*, Cambridge, Mass.: MIT Press.

LOEB, M. y MAGAT, W.A. (1979). "A decentralized method of utility regulation", *Journal of Law and Economics*, 22: 399-404.

MARTIMORT, D. y POUYET, J. (2008). "Build It or Not: Normative and Positive Theories of Public-Private Partnerships", *International Journal of Industrial Organization*, 26: 393-411.

RANGEL, T. (2011). *Evaluation of the effectiveness of safety-based incentives in Public-Private Partnerships. Evidence from the case of Spain*, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

ROB, R. y ZEMSKY, P. (2002). "Social capital, corporate culture and incentive intensity", *RAND Journal of Economics*, 33(2): 243-257.

SADKA, E. (2007). "Public-Private Partnerships – A Public Economics Perspective", *CESifo Economic Studies*, 53 (3), 466-490.

SÁNCHEZ SOLIÑO, A. (2012). "Optimización de la Transferencia de Riesgos en los Contratos de Infraestructuras y Servicios Públicos", *Hacienda Pública Española*, artículo de próxima publicación.

SOCORRO, M.P. (2007). "Optimal technology policy under asymmetric information in a research joint venture", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 62: 76-97.

STANDARD & POOR'S (2003). *The Evolution of DBFO Payment Mechanisms: One More for the Road?*, Londres: Standard & Poor's.